

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-204314

(43)Date of publication of application : 18.07.2003

(51)Int.Cl.

H04J 15/00

H04J 11/00

(21)Application number : 2002-001256

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 08.01.2002

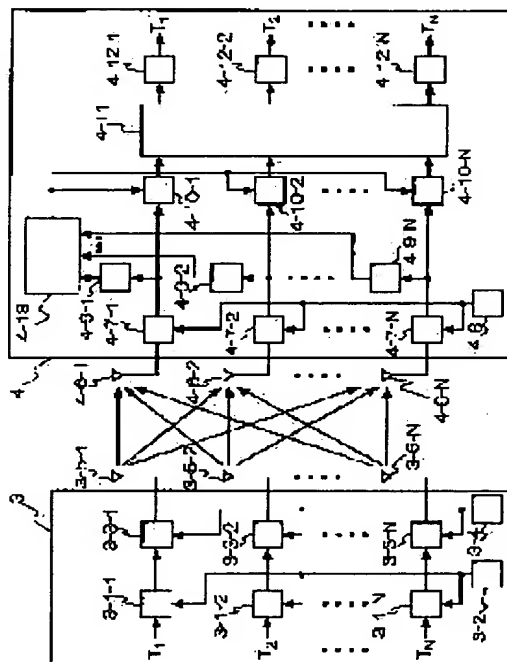
(72)Inventor : ASAI YUSUKE
UCHIDA HIROMASA
KUROSAKI SATOSHI
SUGIYAMA TAKATOSHI
UMEHIRA MASAHIRO

(54) CARRIER FREQUENCY ERROR COMPENSATING CIRCUIT AND WIRELESS SIGNAL TRANSMITTING AND RECEIVING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wireless signal transmitting and receiving device for improving accuracy in estimation of a transfer factor inverse function and preventing a deterioration of characteristics even when there is an error in the carrier frequency.

SOLUTION: A receiving unit 4 in SDM (Space Division Multiplexing) method, in which MIMO (multi-Input Multi-Output) channel is constituted with transmitting antennae 3-5-1 to 3-5-N with number of N and receiving antennae 4-6-1 to 4-6-N, includes carrier frequency error estimation circuits 4-9-1 to 4-9-N with number of N for estimating a frequency error between a transmitting local oscillator 3-4 of a transmitting unit 3 and a receiving local oscillator 4-8, carrier frequency error compensation circuits 4-10-1 to 4-10-N with number of N for compensating an error of each signal, a carrier frequency error estimation value averaging circuit 4-13 for calculating an average of carrier frequency error estimation values in N-system and generating it to the carrier frequency error compensation circuits 4-10-1 to 4-10-N with number of N, and an interference canceller 4-11 for carrying out reverse function process of the transfer function and separating the transmitting signal system factor into each antenna system of each transmitting antenna.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-204314

(P2003-204314A)

(43) 公開日 平成15年7月18日 (2003.7.18)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 4 J 15/00
11/00

識別記号

F I

H 0 4 J 15/00
11/00

データシート* (参考)

5 K 0 2 2

Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-1256 (P2002-1256)

(22) 出願日 平成14年1月8日 (2002.1.8)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 浅井 裕介

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 内田 大誠

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外2名)

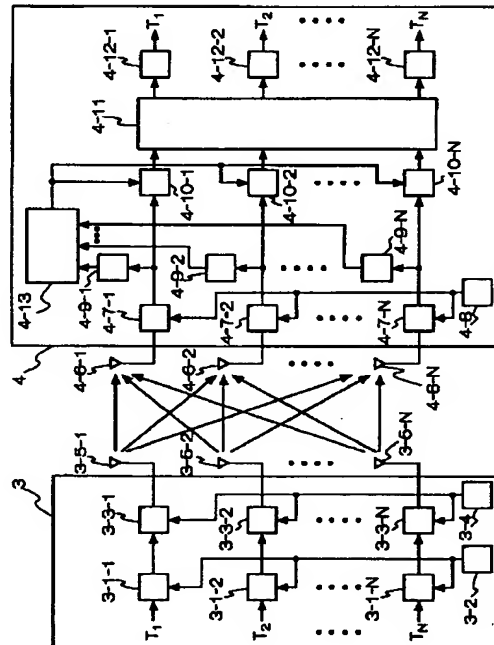
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 搬送波周波数誤差補正回路及び無線信号送受信装置

(57) 【要約】

【課題】 伝達係数逆関数の推定精度を向上させ、搬送波周波数誤差が存在する場合の特性劣化を抑制することができる無線信号送受信装置を提供する。

【解決手段】 N個の送信アンテナ3-5-1~Nと受信アンテナ4-6-1~Nを用いてMIMO (Multi-Input Multi-Output) チャンネルを構成するSDM (Space Division Multiplexing) 方式を用いた無線信号送受信装置の受信装置4に、送信装置3の送信用局部発振器3-4と受信用局部発振器4-8の周波数誤差を推定するN個の搬送波周波数誤差推定回路4-9-1~Nと、各信号の誤差を補正するN個の搬送波周波数誤差補正回路4-10-1~Nと、N系統の搬送波周波数誤差推定値の平均値を計算し、N個の搬送波周波数誤差補正回路4-10-1~Nに出力する搬送波周波数誤差推定値平均化回路4-13と、伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラ4-11とを設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信データ系列 T_1 、 T_2 、…、 T_N をベースバンドシンボル波形に変換する N 個(N は2以上の整数)の変調器と、
 該変調器の出力を無線周波数にそれぞれ変換する N 個の周波数変換器と、
 該変調器の全てに共通のシンボルタイミングを供給する送信シンボルタイミング発生器と、
 該周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、
 前記各周波数変換器の出力を無線信号としてそれぞれ送信する N 個の送信アンテナとを有し、同一の周波数により信号を送信する無線信号送信装置と、
 N 個の受信アンテナと、
 該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換する N 個の受信周波数変換器と、
 該受信周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する受信周波数変換器と、
 送信周波数変換器と受信周波数変換器の周波数差を推定する N 個の搬送波周波数誤差推定回路と、
 前記各受信周波数変換器の出力の搬送波周波数誤差を補正する N 個の搬送波周波数誤差補正回路と、
 前記各受信周波数変換器の出力に対して伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、
 各アンテナ系統に分離された信号を復調する N 個の復調器とを有し、同一の周波数により空間多重された信号を受信する無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置において、
 前記 N 個の搬送波周波数誤差推定回路から出力される N 系統の搬送波周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記搬送波周波数誤差補正回路が前記受信周波数変換器の出力に対して搬送波周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記 N 個の搬送波周波数誤差補正回路に出力することを特徴とする搬送波周波数誤差推定値平均化回路。

【請求項2】 送信データ系列 T_1 、 T_2 、…、 T_N をベースバンドシンボル波形に変換する N 個(N は2以上の整数)の変調器と、
 該変調器の出力を無線周波数にそれぞれ変換する N 個の周波数変換器と、
 該変調器の全てに共通のシンボルタイミングを供給する送信シンボルタイミング発生器と、
 該周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、
 前記各周波数変換器の出力を無線信号としてそれぞれ送信する N 個の送信アンテナとを有し、同一の周波数により信号を送信する無線信号送信装置と、

N 個の受信アンテナと、
 該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換する N 個の受信周波数変換器と、
 該受信周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する受信周波数変換器と、
 送信周波数変換器と受信周波数変換器の周波数差を推定する N 個の搬送波周波数誤差推定回路と、
 前記各受信周波数変換器の出力の搬送波周波数誤差を補正する N 個の搬送波周波数誤差補正回路と、
 前記各受信周波数変換器の出力に対して伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、
 各アンテナ系統に分離された信号を復調する N 個の復調器とを有し、同一の周波数により空間多重された信号を受信する無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置であって、
 前記無線信号受信装置が、前記 N 個の搬送波周波数誤差推定回路から出力される N 系統の搬送波周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記搬送波周波数誤差補正回路が前記受信周波数変換器の出力に対して搬送波周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記 N 個の搬送波周波数誤差補正回路に出力する搬送波周波数誤差推定値平均化回路を備えることを特徴とする無線信号送受信装置。

【請求項3】 複数の送信データ系列に複数のパイロット信号をそれぞれ多重化する複数の多重化手段と、
 前記各多重化手段の出力を所定の方式でそれぞれ変調する複数の変調手段と、
 該各変調手段の出力を無線周波数にそれぞれ変換する複数の周波数変換手段と、
 該各変調手段の全てに共通のシンボルタイミングを供給するシンボルタイミング発生手段と、
 該各周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振手段と、
 前記各周波数変換手段の出力を無線信号としてそれぞれ送信する複数の送信アンテナとを有する無線信号送信装置と、
 複数の受信アンテナと、
 該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換する複数の受信周波数変換手段と、
 該各受信周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する受信周波数変換手段と、
 前記各受信周波数変換手段から出力される各信号に基づいて、前記送信周波数変換手段の発振信号と前記受信周波数変換手段の発振信号の周波数誤差をそれぞれ推定する複数の周波数誤差推定手段と、
 前記各受信周波数変換手段から出力される各信号にお

ける周波数誤差をそれぞれ補正する複数の周波数誤差補正手段と、

前記各周波数誤差補正手段の出力に対して伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、

各アンテナ系統毎に分離された各信号をそれぞれ復調する複数の復調手段とを有する無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置であって、

前記無線信号受信装置が、前記各周波数誤差推定手段から出力される複数の周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記各周波数誤差補正手段が前記各受信用周波数変換手段の出力に対して周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記各周波数誤差補正手段に対して出力する周波数誤差推定値平均化手段を備えることを特徴とする無線信号送受信装置。

【請求項 4】 複数の送信データ系列に複数のパイロット信号をそれぞれ多重化する複数の多重化手段と、前記各多重化手段の出力をそれぞれ逆フーリエ変換する複数の変換手段と、

該各変換手段の出力をそれぞれ無線周波数に変換する複数の周波数変換手段と、

該各変換手段の全てに共通のシンボルタイミングを供給するシンボルタイミング発生手段と、

該各周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振手段と、

前記各周波数変換手段の出力を無線信号としてそれぞれ送信する複数の送信アンテナとを有する無線信号送信装置と、

複数の受信アンテナと、

該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換する複数の受信用周波数変換手段と、

該各受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する受信用局部発振手段と、

前記各受信用周波数変換手段から出力される各信号に基づいて、前記送信用局部発振手段の発振信号と前記受信用局部発振手段の発振信号の周波数誤差をそれぞれ推定する複数の周波数誤差推定手段と、

前記各周波数誤差推定手段の各出力を、同一のタイミング信号に基づいてそれぞれフーリエ変換する複数の受信用変換手段と、

前記各受信用変換手段から出力される各信号における周波数誤差をそれぞれ補正する複数の周波数誤差補正手段と、

前記各周波数誤差補正手段の出力に対して伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、

各アンテナ系統毎に分離された信号をそれぞれ復調する複数の復調手段とを有する無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置であって、

前記無線信号受信装置が、前記各周波数誤差推定手段から出力される複数の周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記各周波数誤差補正手段が前記各受信用変換手段の出力に対して周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記各周波数誤差補正手段に対して出力する周波数誤差推定値平均化手段を備えることを特徴とする無線信号送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、広帯域移動体通信において用いられる複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いてMIMO (Multi-Input Multi-Output) チャネルを構成することにより高い周波数利用効率を実現するSDM (Space Division Multiplexing) 方式を用いた無線信号送受信装置等において、送受信における搬送波周波数誤差補正を行う際に用いて好適な搬送波周波数誤差補正回路及びそれを用いた無線信号送受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】広帯域移動体通信においては、限られた周波数帯域の中で大容量化を図るための周波数利用効率向上策が必要である。周波数利用効率向上策の有力な手法の一つとしては、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いてMIMO (Multi-Input Multi-Output、あるいは、Multiple-Input Multiple-Output) チャネルを構成する無線信号送受信装置がある。

30 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本願発明は、上記のような無線信号送受信装置におけるさらなる周波数利用効率向上を検討する際になされたものであって、以下、その背景となった技術について説明する。その背景技術では、受信側において、各受信アンテナの受信信号からチャネル推定器と干渉キャンセラを用いて各送信アンテナからの送信信号を復元することにより、送信アンテナ数だけ周波数利用効率を向上させるというものである。

【0004】以下、その背景技術におけるMIMOチャネル

40 用いた無線信号送受信装置の構成を、図6のブロック図を用いて説明する。図6に示す背景技術における無線信号送受信装置は、無線信号送信装置1と無線信号受信装置2から構成される。無線信号送信装置1は、2以上の複数のN個の送信アンテナ1-5-1~1-5-Nと、送信データ T_1 、 T_2 、…、 T_N を送信シンボル (ベースバンドシンボル波形) M_1 、 M_2 、…、 M_N に変換するN個の変調器1-1-1~1-1-Nと、該N個の変調器全てに対して共通のシンボルタイミングを供給するシンボルタイミング発生器1-2と、該変調器の出力を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換器1-3-1~1-3-Nと、該送信用周波数変

換器の全てに共通の局部発振信号を供給する送信用局部発振信号1-4とから構成される。

【0005】なお、データ信号 T_1 、 T_2 、…、 T_N には、受信側でシンボルタイミング同期や搬送波周波数誤差補正を行うために必要なパイロット信号や伝達関数の逆関数を行うパイロット信号が予め付加されているものとする。

【0006】一方、無線信号受信装置2は、 N 個の受信アンテナ2-6-1~2-6- N と、該受信アンテナ2-6-1~2-6- N 毎に接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する N 個の受信用周波数変換器2-7-1~2-7- N と、該 N 個の受信用周波数変換器2-7-1~2-7- N の全てに共通の局部発振信号を供給する受信用局部発振器2-8と、 N 個の受信用周波数変換器2-7-1~2-7- N の出力から送信用局部発振器1-4と受信側局部発振器2-8の周波数誤差を推定する N 個の搬送波周波数誤差推定回路2-9-1~2-9- N と、該 N 個の搬送波周波数誤差推定回路2-9-1~2-9- N で各々推定された搬送波周波数誤差推定値をもとに搬送波周波数誤差を修正する N 個の搬送波周波数誤差補正回路2-10-1~2-10- N と、該搬送波周波数誤差補正回路2-10-1~2-10- N の出力に対して、MIMOチャネルの伝達関数に対する逆関数演算を行うことにより空間チャネル間の干渉を除去する干渉キャンセラ2-11と、該干渉キャンセラ2-11の出力をビット列に復調する復調器2-12-1~2-12- N から構成される。

【0007】本無線信号送受信装置においては、無線信号送信装置1において、送信用局部発振器1-4により全ての送信用周波数変換器1-3-1~1-3- N に共通の局部発振信号を供給することにより、各送信アンテナ1-5-1~1-5- N から同一の周波数無線信号を送信する。また、無線信号受信装置2側において、受信用局部発振器2-8により全ての受信用周波数変換器2-7-1~2-7- N に対して共通の局部発振信号を供給しているため、各受信アンテナ2-6-1~2-6- N は各送信アンテナ1-5-1~1-5- N からの信号をほぼ同一周波数にて受信することが可能となる。

【0008】受信用周波数変換器2-7-1~2-7- N によりベースバンド信号に変換された受信信号には、送信用局部発振器1-4と受信用局部発振器2-8の周波数に誤差が存在する場合、その影響を受ける。送信装置および受信装置の局部発振器の周波数誤差による特性劣化をさけるために、無線信号受信装置2の搬送波周波数誤差推定回路2-9-1~2-9- N において、既知信号を受信した際に搬送波周波数誤差を推定し、この推定値を用いて以降のデータシンボルに含まれる搬送波周波数誤差を搬送波周波数誤差補正回路2-10-1~2-10- N において補正する。以上の処理により、アンテナシステム毎で搬送波周波数の誤差を小さくして特性劣化を抑制する。

【0009】搬送波周波数誤差補正後の信号に対して、

干渉キャンセラ2-11において、チャネルの伝達関数の逆関数が演算され各信号が送信アンテナシステム毎に分離される。この伝達関数の逆関数は、例えばフィードバック制御を用いた等化器や、ベースバンド変調がOFDM方式

(Orthogonal Frequency Division Multiplexing方式；直交波周波数分割多重方式)の装置で、パイロット信号の伝達係数からチャネルの伝達関数をサブキャリア毎に求める場合は N 行 N 列の行列となる。

【0010】上記の手法を用いれば、同一の伝送パスにおいて、同一の周波数帯域で N の無線信号の送受信を行うことができ、この技術を用いない無線信号送受信装置に比べて周波数帯域を増加させることなく N 倍の容量の情報を伝送することが可能となる。

【0011】ところで上記背景技術のMIMOチャネルを用いた無線信号送受信装置の構成では、アンテナシステム間で個別の搬送波周波数誤差推定および補正を行っているため、チャネルのマルチパスフェージングや送受信器における熱雑音の影響により各アンテナシステムの受信ベースバンド信号に残留する搬送波周波数誤差が異なる。これは送信用局部発振器と受信用局部発振器を全アンテナシステム共通にしているにもかかわらず、各システムの搬送波周波数が異なることと等価であり、伝達係数の逆関数の推定および干渉キャンセルの精度が下がり、特性が大きく劣化するという課題があった。

【0012】そこで、本発明は、上記の事情を考慮し、上記の方式よりも伝達係数逆関数の推定精度を向上させ、搬送波周波数誤差が存在する場合の特性劣化を抑制することができる搬送波周波数誤差補正回路及び無線信号送受信装置を提供することを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、①送信データ系列 T_1 、 T_2 、…、 T_N をベースバンドシンボル波形に変換する N 個(N は2以上の整数)の変調器と、②該変調器の出力を無線周波数にそれぞれ変換する N 個の周波数変換器と、③該変調器の全てに共通のシンボルタイミングを供給する送信シンボルタイミング発生器と、④該周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、⑤前記各周波数変換器の出力を無線信号としてそれぞれ送信する N 個の送信アンテナとを有し、同一の周波数により信号を送信する(1)無線信号送信装置と、① N 個の受信アンテナと、②該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換する N 個の受信用周波数変換器と、③該受信用周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する受信用局部発振器と、④送信用局部発振器と受信用局部発振器の周波数差を推定する N 個の搬送波周波数誤差推定回路と、⑤前記各受信用周波数変換器の出力の搬送波周波数誤差を補正する N 個の搬送波周波数誤差補正回路と、⑥前記各受信用周波数変換器の出力に対して伝達関数の逆

関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、⑦各アンテナ系統に分離された信号を復調するN個の復調器とを有し、同一の周波数により空間多重された信号を受信する(2)無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置において、前記N個の搬送波周波数誤差推定回路から出力されるN系統の搬送波周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記搬送波周波数誤差補正回路が前記受信用周波数変換器の出力に対して搬送波周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記N個の搬送波周波数誤差補正回路に出力することを特徴とする搬送波周波数誤差推定値平均化回路である。

【0014】請求項2記載の発明は、送信データ系列 T_1 、 T_2 、…、 T_N をベースバンドシンボル波形に変換するN個(Nは2以上の整数)の変調器と、該変調器の出力を無線周波数にそれぞれ変換するN個の周波数変換器と、該変調器の全てに共通のシンボルタイミングを供給する送信シンボルタイミング発生器と、該周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、前記各周波数変換器の出力を無線信号としてそれぞれ送信するN個の送信アンテナとを有し、同一の周波数により信号を送信する無線信号送信装置と、N個の受信アンテナと、該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換するN個の受信用周波数変換器と、該受信用周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する受信用局部発振器と、送信用局部発振器と受信用局部発振器の周波数差を推定するN個の搬送波周波数誤差推定回路と、前記各受信用周波数変換器の出力の搬送波周波数誤差を補正するN個の搬送波周波数誤差補正回路と、前記各受信用周波数変換器の出力に対して伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、各アンテナ系統に分離された信号を復調するN個の復調器とを有し、同一の周波数により空間多重された信号を受信する無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置であって、前記無線信号受信装置が、前記N個の搬送波周波数誤差推定回路から出力されるN系統の搬送波周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記搬送波周波数誤差補正回路が前記受信用周波数変換器の出力に対して搬送波周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記各周波数誤差補正手段に対して出力する周波数誤差推定値平均化回路を備えることを特徴とする無線信号送受信装置である。

【0015】請求項3記載の発明は、①複数の送信データ系列に複数のパイロット信号をそれぞれ多重化する複数の多重化手段と、②前記各多重化手段の出力を所定の方式でそれぞれ変調する複数の変調手段と、③該各変調

手段の出力を無線周波数にそれぞれ変換する複数の周波数変換手段と、④該各変調手段の全てに共通のシンボルタイミングを供給するシンボルタイミング発生手段と、⑤該各周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振手段と、⑥前記各周波数変換手段の出力を無線信号としてそれぞれ送信する複数の送信アンテナとを有する(1)無線信号送信装置と、①複数の受信アンテナと、②該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換する複数の受信用周波数変換手段と、③該各受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する受信用局部発振手段と、④前記各受信用周波数変換手段から出力される各信号に基づいて、前記送信用局部発振手段の発振信号と前記受信用局部発振手段の発振信号の周波数誤差をそれぞれ推定する複数の周波数誤差推定手段と、⑤前記各受信用周波数変換手段から出力される各信号における周波数誤差をそれぞれ補正する複数の周波数誤差補正手段と、⑥前記各周波数誤差補正手段の出力に対して伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、⑦各アンテナ系統毎に分離された各信号をそれぞれ復調する複数の復調手段とを有する(2)無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置であって、前記無線信号受信装置が、⑧前記各周波数誤差推定手段から出力される複数の周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記各周波数誤差補正手段が前記各受信用周波数変換手段の出力に対して周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記各周波数誤差補正手段に対して出力する周波数誤差推定値平均化手段を備えることを特徴とする。

【0016】請求項4記載の発明は、①複数の送信データ系列に複数のパイロット信号をそれぞれ多重化する複数の多重化手段と、②前記各多重化手段の出力をそれぞれ逆フーリエ変換する複数の変換手段と、③該各変換手段の出力をそれぞれ無線周波数に変換する複数の周波数変換手段と、④該各変換手段の全てに共通のシンボルタイミングを供給するシンボルタイミング発生手段と、⑤該各周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振手段と、⑥前記各周波数変換手段の出力を無線信号としてそれぞれ送信する複数の送信アンテナとを有する(1)無線信号送信装置と、①複数の受信アンテナと、②該各受信アンテナに接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数にそれぞれ周波数変換する複数の受信用周波数変換手段と、③該各受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を供給する受信用局部発振手段と、④前記各受信用周波数変換手段から出力される各信号に基づいて、前記送信用局部発振手段の発振信号と前記受信用局部発振手段の発振信号の周波数誤差をそれぞれ推定する複数の周波数誤差推定手段と、

⑤前記各周波数誤差推定手段の各出力を、同一のタイミング信号に基づいてそれぞれフーリエ変換する複数の受信用変換手段と、⑥前記各受信用変換手段から出力される各信号における周波数誤差をそれぞれ補正する複数の周波数誤差補正手段と、⑦前記各周波数誤差補正手段の出力に対して伝達関数の逆関数演算を行うことにより、送信信号系列成分を前記各送信アンテナのアンテナ系統毎に分離する干渉キャンセラと、⑧各アンテナ系統毎に分離された信号をそれぞれ復調する複数の復調手段とを有する(2)無線信号受信装置とから構成される無線信号送受信装置であって、前記無線信号受信装置が、⑨前記各周波数誤差推定手段から出力される複数の周波数誤差推定値の平均値を計算し、前記各周波数誤差補正手段が前記各受信用変換手段の出力に対して周波数誤差補正を行う際に用いる一つの基準値となるように、該計算された平均値を前記各周波数誤差補正手段に対して出力する周波数誤差推定値平均化手段を備えることを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の無線信号送受信装置の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0018】図1は、本発明による無線信号送受信装置の一実施の形態を基本構成を示すブロック図である。本実施の形態の無線信号送受信装置は、図1に示す無線信号送信装置3と無線信号受信装置4から構成されている。

【0019】図1に示す無線信号送受信装置において、無線信号送信装置3は、2以上の複数N個の送信アンテナ3-5-1~3-5-Nと、送信データ T_1 、 T_2 、…、 T_n を送信シンボル M_1 、 M_2 、…、 M_n に変換するN個の変調器3-1-1~3-1-Nと、該N個の変調器全てに対して共通のシンボルタイミングを供給するシンボルタイミング発生器3-2と、該変調器の出力を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換器3-3-1~3-3-Nと、該送信用周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する送信用局部発振器3-4とから構成されている。そして、無線信号受信装置4は、N個の受信アンテナ4-6-1~4-6-Nと、該受信アンテナ4-6-1~4-6-N毎に接続され、無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換するN個の受信用周波数変換器4-7-1~4-7-Nと、該N個の受信用周波数変換器4-7-1~4-7-Nの全てに共通の局部発振信号を供給する受信用局部発振器4-8と、N個の受信用周波数変換器4-7-1~4-7-Nの出力から送信用局部発振器3-4と受信側局部発振器4-8の周波数誤差を推定するN個の搬送波周波数誤差推定回路4-9-1~4-9-Nと、N個の搬送波周波数誤差推定回路4-9-1~4-9-Nで各々推定された搬送波周波数誤差推定値をもとに搬送波周波数誤差を修正するN個の搬送波周波数誤差補正回路4-10-1~4-10-Nと、搬送波周波数誤差補正回路4-10-1~4-10-Nの出力に対して、MIMOチャネルの伝達関数に対する逆関数演算を行うことにより空間チ

ャネル間の干渉を除去する干渉キャンセラ4-11と、干渉キャンセラ4-11の出力をビット列に復調する復調器4-12-1~4-12-Nから構成されている。

【0020】図1に示す無線信号受信装置4は、搬送波周波数誤差推定回路4-9-1~4-9-Nに接続され、N系統の搬送波周波数誤差推定値の平均値を演算し、その結果をすべての搬送波周波数誤差補正回路4-10-1~4-10-Nに出力する搬送波周波数誤差推定値平均化回路4-13を有することを特徴としている。本実施の形態では、すべてのアンテナ系統で計算された搬送波周波数誤差推定値を平均化することにより、マルチパスフェージングおよび熱雑音に起因する搬送波周波数誤差推定値の誤差を抑制することができる。さらに、全てのアンテナ系統で同一の搬送波周波数誤差補正值を用いることにより、アンテナ系統間のベースバンド信号の中心周波数を同一にし、伝達関数の逆関数の推定精度を向上させることができる。

【0021】次に、図2~図3を参照して、図1に示す基本構成における変調方式の違いによる構成の変形例について説明する。

【0022】図2は、各アンテナ系統の変復調にシングルキャリア変調方式を用いた場合の実施例の構成を示すブロック図である。シングルキャリア変調方式には、PSK (Phase Shift Keying) 系、QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 系、MSK (Minimum Shift Keying) 系などが挙げられる。シングルキャリア変調方式に本発明を適用した無線信号送受信装置は、図2に示すような無線信号送信装置5および無線信号受信装置6から構成される。

【0023】図2に示す無線信号送信装置5は、N個のパイロット信号発生器5-1-1~5-1-Nと、データ系列 T_1 、 T_2 、…、 T_n と各パイロット信号を多重するN個の多重化回路5-2-1~5-2-Nと、N個の変調器5-3-1~5-3-Nと、シンボルタイミング発生器5-4と、N個の送信用周波数変換器5-5-1~5-5-Nと、送信用局部発振器5-6と、N個の送信アンテナ5-7-1~5-7-Nから構成される。無線信号受信装置6は、N個の受信アンテナ6-8-1~6-8-Nと、N個の受信用周波数変換器6-9-1~6-9-Nと、受信用局部発振器6-10と、N個の搬送波周波数誤差推定回路6-11-1~6-11-Nと、搬送波周波数誤差推定値平均化回路6-12と、N個の搬送波周波数誤差補正回路6-13-1~6-13-Nと、適応等化器6-14と、N個の復調器6-15-1~6-15-Nとから構成される。

【0024】上記構成において、N個の受信アンテナ6-8-1~6-8-Nにより受信された信号は、はじめに共通の局部発振器6-10から搬送波周波数が提供される受信用周波数変換器6-9-1~6-9-Nによりベースバンド信号に変換される。そして、ベースバンド信号のうち、パイロット信号発生器5-1-1~5-1-Nにより生成された

パイロット信号の受信信号を用いて搬送波周波数誤差推定回路6-11-1~6-11-Nにおいて、搬送波周波数誤差が推定される。推定値は搬送波周波数誤差推定値平均化回路6-12において、N系統の推定値の平均値が求められ、すべての搬送波周波数誤差補正回路6-13-1~6-13-Nにその平均値が出力される。

【0025】ベースバンド信号に対して搬送波周波数誤差補正回路6-13-1~6-13-Nにおいて、搬送波周波数誤差の補正が行われ、適応等化器6-14に入力される。適応等化器6-14では、N本の送信アンテナとN本の受信アンテナで構成されるMIMOチャネルの伝達関数の逆関数を、パイロット信号発生器5-1-1~5-1-Nによって生成された既知のパイロット信号の受信ベースバンド信号を用いてあらかじめ推定する。データを含むN系統のベースバンド信号が入力されると、伝達係数の逆関数の演算を入力信号に対して行うことにより、受信アンテナ系統毎に分散している送信信号成分を分離する。適応等化器6-14により送信信号成分毎に分離されたベースバンド信号は、復調器6-15-1~6-15-Nによりデータに復調される。

【0026】適応等化器6-14において求められる伝達関数の逆関数を求める演算は、受信信号がすべて同一の搬送波周波数でベースバンド信号に変換されていることを前提として行われる。本発明では、搬送波周波数誤差の推定値をすべてのアンテナ系統で求めた値の平均値を共通で用いるため、背景技術の方式のように各アンテナ系統個別に搬送波周波数誤差の推定、補正を行う場合における、雑音やフェージングの変動によるアンテナ系統毎の搬送波周波数の差をなくすることができると同時に、Nブランチのダイバーシチ効果により、搬送波周波数誤差の推定値自体の精度も向上させることができる。したがって、伝達係数の逆関数演算をより精度良く行うことができる。

【0027】次に、本発明を各アンテナ系統の変復調にOFDM方式を用いた場合に適用した実施形態の構成を図3のブロック図を参照して説明する。

【0028】図3に示すOFDM信号送受信装置は、OFDM信号受信装置7及びOFDM信号受信装置8から構成される。OFDM信号送信装置7は、N個のパイロット信号発生器7-1-1~7-1-Nと、N個の多重化回路7-2-1~7-2-Nと、N個の高速逆フーリエ変換器7-3-1~7-3-Nと、シンボルタイミング発生器7-4と、N個の送信用周波数変換器7-5-1~7-5-Nと、送信用局部発振器7-6と、N個の送信アンテナ7-7-1~7-7-Nとから構成されている。

【0029】OFDM方式では、受信器において高速フーリエ変換を行う全段において搬送波周波数誤差を補正して各サブキャリア間の直交性を確保する必要がある。従って、搬送波周波数誤差推定用パイロット信号を送信してから伝達係数推定用パイロット信号を送信して、その後データ信号を送信する。搬送波周波数推定用パイロ

ット信号としては、一般には同一の信号を繰り返した信号が用いられる。繰り返し信号の周期性が崩れると推定精度が劣化するため、マルチパスフェージングにより繰り返し信号以前の成分が搬送波周波数推定用パイロット信号にシンボル間干渉を引き起こさないシンボル構成が望ましい。各アンテナ系統の送信する搬送波周波数誤差推定用パイロット信号はOFDM信号送信装置7におけるシンボルタイミング発生器7-4により同期が取られて送信されるため、N個の送信アンテナ7-7-1~7-7-Nから送出される送信信号はほぼ同一のタイミングで受信アンテナに入力される。すべての送信アンテナ系統の搬送波周波数推定用パイロット信号が多重された波形を受信するが、シンボル間干渉が発生しないような繰り返し信号を用いていれば隣接シンボルにおける周期性は崩れることがないため、搬送波周波数誤差推定を正しく行うことが可能となる。

【0030】一方、OFDM信号受信装置8は、N個の受信アンテナ8-8-1~8-8-Nと、N個の受信用周波数変換器8-9-1~8-9-Nと、受信用局部発振器8-10と、N個の搬送波周波数誤差推定回路8-11-1~8-11-Nと、搬送波周波数誤差推定値平均化回路8-12と、N個の搬送波周波数誤差補正回路8-13-1~8-13-Nと、N個の高速フーリエ変換器8-14-1~8-14-Nと、タイミング信号発生器8-15と、干渉キャンセラ8-16と、N個の復調器8-17-1~8-17-Nとから構成されている。

【0031】OFDM信号送信器7では、搬送波周波数誤差推定用パイロット信号、伝達係数推定用パイロット信号、データ信号の順でOFDM信号が送信されるため、はじめに搬送波周波数誤差推定用パイロット信号を用いて搬送波周波数の誤差を推定する。例えば繰り返し送信されるパイロット信号の時間波形に対して、隣接するOFDMシンボルの位相差を求める操作をOFDMシンボルのすべてのサンプル点に対して行い、その平均値から搬送波周波数誤差を推定する方法がある（参考文献：望月他「OFDM用周波数およびシンボルタイミング同期方式」電子情報通信学会技術報告（RCS98-21, 1998-04））。

【0032】求められた搬送波周波数誤差は、搬送波周波数誤差推定値平均化回路8-12に入力され、N系統の推定値の平均値が計算され、N個の搬送波周波数誤差補正回路8-13-1~8-13-Nすべてに平均値が入力され、同一の補正值で搬送波周波数誤差が補正される。平均化された搬送波周波数誤差推定値は、N系統の平均値であるため、平均化を行わない搬送波周波数誤差推定値と比較して、雑音による影響を1/Nに抑えることができる。

【0033】また、搬送波周波数誤差推定におけるNブランチのダイバーシチ効果により、フェージングによる信号振幅の落ち込みに対する耐性も向上するため、搬送波周波数誤差推定値誤差をこれまでの方法よりも低く抑えることが可能である。さらに、以前に推定された搬送波周波数誤差と現在推定した搬送波周波数誤差を平均化

する時間軸方向のダイバーシチを行うことも可能である。したがって、高速フーリエ変換回路8-14-1~8-14-Nに入力される信号の直交性が高くなり、信号が正確にフーリエ変換される。また、本実施形態では高速フーリエ変換後の信号はサブキャリア毎に伝達関数の逆関数の演算が行われるが、各サブキャリアの搬送波周波数を同一にしているため、伝達関数の逆関数推定をより正確に行うことが可能となり、各サブキャリアの干渉キャンセルの誤差を低くすることが可能となる。

【0034】図3に示すOFDM信号を用いた実施形態の計算機シミュレーションによる特性評価を図3に示す。シミュレーション諸元は図4に示した。搬送波周波数誤差推定値の平均化を行う本発明のパケット誤り率（PER: Packet Error Rate）特性は、背景技術の搬送波周波数誤差推定値を各アンテナ系統個別で利用する場合に比べて5dB程度の特性改善効果があることがわかる。

【0035】

【発明の効果】本発明の無線信号送受信装置は、MIMOチャネルを用いた無線信号送受信装置において課題となったアンテナ系統毎の搬送波周波数誤差を、アンテナ系統毎に求められた搬送波周波数誤差推定値を平均化することにより搬送波周波数誤差の精度を向上させる事ができ、また、アンテナ系統間の搬送波周波数の違いをなくすることができる。その結果、搬送波周波数誤差推定の後の干渉キャンセル演算である伝達関数の逆関数の推定精度を向上することが可能となり、高品質の通信を実現し、その効果は大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の無線信号送受信装置の実施形態の基本構成を示したブロック図である。

【図2】 本発明の無線信号送受信装置の変調方式にシングルキャリア変調方式を適用した場合の実施形態を示すブロック図である。

【図3】 本発明の無線信号送受信装置の変調方式にOFDM方式を適用した場合の実施形態を示すブロック図である。

【図4】 実施形態のパケット誤り率特性の計算機シミュレーションによる結果を示す図である。

【図5】 図4を参照して説明したシミュレーションの諸元を示す図である。

【図6】 背景技術のMIMOチャネルを用いた無線信号送受信装置における無線信号送信装置と無線信号受信装置の構成を示したブロック図である。

【符号の説明】

3: 無線信号送信装置

3-1-1~3-1-N: 変調器

3-2: シンボルタイミング発生器

3-3-1~3-3-N: 送信用周波数変換器

3-4: 送信用局部発振器

3-5-1~3-5-N: 送信アンテナ

4: 無線信号受信装置

4-6-1~4-6-N: 受信アンテナ

4-7-1~4-7-N: 受信用周波数変換器

4-8: 受信用局部発振器

4-9-1~4-9-N: 搬送波周波数誤差推定回路

4-10-1~4-10-N: 搬送波周波数誤差補正回路

4-11: 干渉キャンセラ

4-12-1~4-12-N: 復調器

4-13: 搬送波周波数誤差推定値平均化回路

5: 無線信号送信装置

5-1-1~5-1-N: パイロット信号発生器

5-2-1~5-2-N: 多重化回路

5-3-1~5-3-N: 変調器

5-4: シンボルタイミング発生器

5-5-1~5-5-N: 送信用周波数変換器

5-6: 送信用局部発振器

5-7-1~5-1-N: 送信アンテナ

6: 無線信号受信装置

6-8-1~6-8-N: 受信アンテナ

6-9-1~6-9-N: 受信用周波数変換器

6-10: 受信用局部発振器

6-11-1~6-11-N: 搬送波周波数誤差推定回路

6-12: 搬送波周波数誤差推定値平均化回路

6-13-1~6-13-N: 搬送波周波数誤差補正回路

6-14: 干渉キャンセラ

6-15-1~6-15-N: 復調器

7: OFDM信号送信装置

7-1-1~7-1-N: パイロット信号発生器

7-2-1~7-2-N: 多重化回路

7-3-1~7-3-N: 高速逆フーリエ変換器

7-4: シンボルタイミング発生器

7-5-1~7-5-N: 送信用周波数変換器

7-6: 送信用局部発振器

7-7-1~7-7-N: 送信アンテナ

8: OFDM信号受信装置

8-8-1~8-8-N: 受信アンテナ

8-9-1~8-9-N: 受信用周波数変換器

8-10: 受信用局部発振器

8-11-1~8-11-N: 搬送波周波数誤差推定回路

8-12: 搬送波周波数誤差推定値平均化回路

8-13-1~8-13-N: 搬送波周波数誤差補正回路

8-14-1~8-14-N: 高速フーリエ変換器

8-15: タイミング信号発生器

8-16: 干渉キャンセラ

8-17-1~8-17-N: 復調器

1: 無線信号送信装置

1-1-1~1-1-N: 変調器

1-2: シンボルタイミング発生器

1-3-1~1-3-N: 送信用周波数変換器

1-4: 送信用局部発振器

15

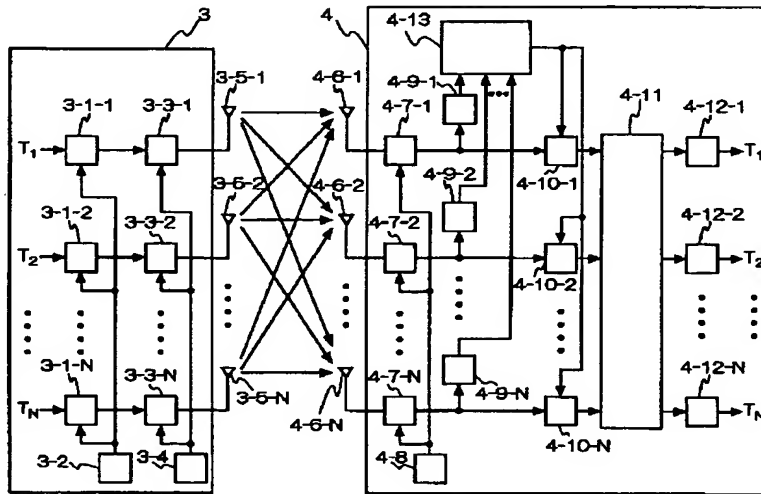
- 1-5-1~1-5-N: 送信アンテナ
 2: 無線信号受信装置
 2-6-1~2-6-N: 受信アンテナ
 2-7-1~2-7-N: 受信用周波数変換器
 2-8: 受信用局部発振器

16

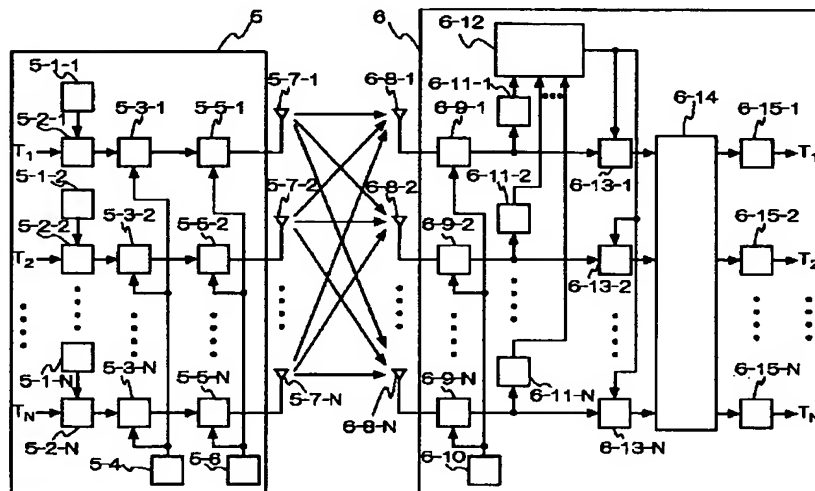
- * 2-9-1~2-9-N: 搬送波周波数誤差推定回路
 2-10-1~2-10-N: 搬送波周波数誤差補正回路
 2-11: 干渉キャンセラ
 2-12-1~2-12-N: 復調器

*

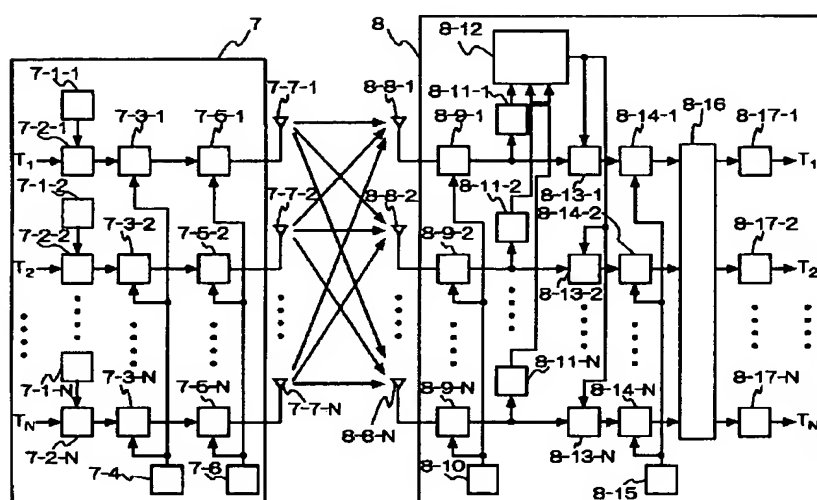
【図1】



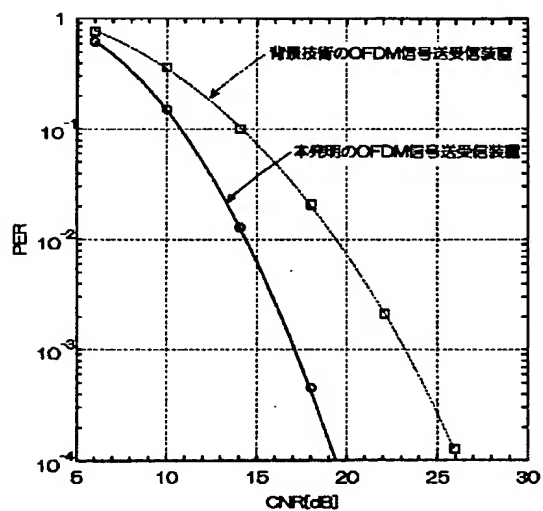
【図2】



【図3】



【図4】

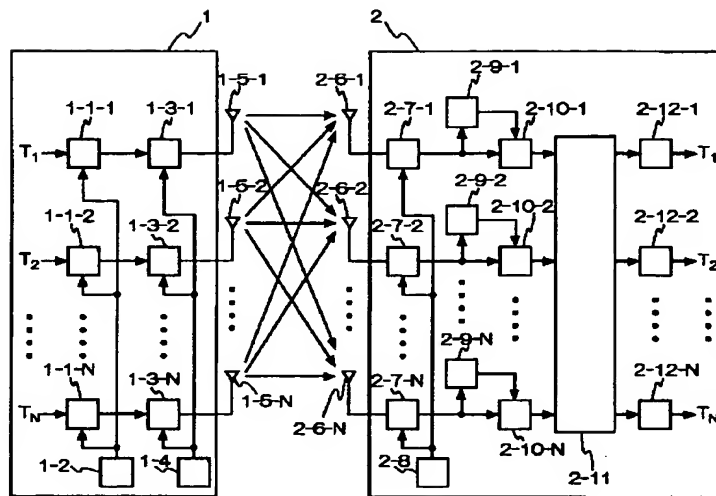


【図5】

シミュレーション条件

FFTポイント数	64
サブキャリア数	52 (うち4キャリアはパイロット)
周波数帯域	20MHz
変調方式	QPSK
符号化率	$R=1/2$ (拘束長7)
シンボル長	4 μ sec (うちガードインターバル 800ns)
パケット長	54byte (9 OFDMシンボル)
通信路環境	1.8波マルチパスフェージング 最大ドップラー周波数: 50Hz 遅延分散: 50ns

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 黒崎 聡
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 杉山 隆利
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 梅比良 正弘
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD22 DD33